Рубрика: клиническая электрофизиология

© А.Н. БОГАЧЕВСКИЙ, В.Ю. БОНДАРЬ, 2017

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2017

УДК 616.12-008.318-073.432.19

DOI: 10.15275/annaritmol.2017.2.5

ПРИМЕНЕНИЕ ВНУТРИСЕРДЕЧНОЙ ЭХОКАРДИОГРАФИИ ПРИ АБЛАЦИИ АРИТМИЙ*Тип статьи: обзорная статья***А.Н. Богачевский, В.Ю. Бондарь**

¹ ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» (главный врач – доктор мед. наук В.Ю. Бондарь) Минздрава России, ул. Краснодарская, 2В, Хабаровск, 680009, Российская Федерация;
² ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» (и. о. ректора – доктор мед. наук К.В. Жмеренецкий) Минздрава России, ул. Муравьева-Амурского, 35, Хабаровск, 680000, Российская Федерация

Богачевский Александр Николаевич, аспирант, сердечно-сосудистый хирург, E-mail: bogachevskiy@gmail.com
Бондарь Владимир Юрьевич, доктор мед. наук, главный врач, E-mail: khvfccvs@mail.ru

Статья является научным обзором, посвященным вопросам применения внутрисердечной эхокардиографии в инвазивной интервенционной аритмологии. Проведен анализ данных мировой литературы в поисковых системах PubMed, MedLine, Google Scholar с использованием следующих ключевых слов: внутрисердечная эхокардиография, катетерная абляция, тахикардия. В начале поиска выделены 166 статей, из которых в дальнейшем, после анализа названий, отобраны для литературного обзора 34 оригинальные статьи, содержащие данные по применению внутрисердечного ультразвука в инвазивной аритмологии. В этих работах внутрисердечная эхокардиография использовалась преимущественно в инвазивном лечении фибрилляции и трепетания предсердий. Рассмотрены технические детали и возможности используемых для внутрисердечной эхокардиографии датчиков и катетеров. Показано, что в настоящее время применяются ультразвуковые катетеры с вращающимся пьезоэлектрическим датчиком и катетеры с мультисекторным датчиком с электронной фазированной решеткой, позволяющие получать изображения высокого качества и интегрировать их в трехмерные компьютерные реконструкции камер сердца. В современной электрофизиологической лаборатории основная область применения этой методики – радиочастотная и криогенная абляция фибрилляции и трепетания предсердий. Внутрисердечный ультразвук при этих процедурах используется для пункции межпредсердной перегородки, визуализации особенностей анатомии камер сердца, диагностики внутрисердечного тромбоза. Электрофизиологи используют для визуализации структур сердца рентгеноскопию, однако эта технология не способна предоставить оператору достаточно данных об анатомии сердца и точном расположении катетеров, а также подвергает пациентов и персонал ионизирующему излучению. Кроме того, внутрисердечная эхокардиография применяется для контроля расположения катетеров в полостях сердца и прилегания аблирующего катетера к эндокарду, а также для мониторинга осложнений, что позволяет выполнять процедуры эффективно и безопасно. Внутрисердечная эхокардиография предоставляет наиболее точное отображение структур сердца во время абляции. Показана возможность проведения абляции фибрилляции предсердий без рентгеноскопии. Отмечена актуальность применения внутрисердечной эхокардиографии при выполнении абляций реципрокных наджелудочковых тахикардий, желудочковой экстрасистолии. Внутрисердечная эхокардиография позволяет улучшить результаты катетерной абляции идиопатического трепетания предсердий. Одна из основных сложностей при выполнении абляций тахикардий без рентгеноскопии – катетеризация коронарного синуса, необходимая для оценки электрофизиологии. Использование внутрисердечной эхокардиографии требует от специалиста наличия опыта и знаний в ультразвуковой визуализации и диагностике сердца и сосудов. Методика применяется также при имплантации постоянных кардиостимуляторов и дефибрилляторов, что позволяет выбрать оптимальную локализацию имплантируемых электродов и снизить дозу рентгеновского излучения.

Ключевые слова: внутрисердечная эхокардиография; катетерная абляция; тахикардия.

APPLICATION OF INTRACARDIAC ECHOCARDIOGRAPHY FOR CARDIAC ARRITHMIA ABLATION

A.N. Bogachevskiy, V.Yu. Bondar'

¹ Federal Centre for Cardiovascular Surgery, ulitsa Krasnodarskaya, 2V, Khabarovsk, 680009, Russian Federation;

² Far-Eastern State Medical University, ulitsa Murav'eva-Amurskogo, 35, Khabarovsk, 680000, Russian Federation

Bogachevskiy Aleksandr Nikolaevich, MD, Postgraduate, Cardiovascular Surgeon, E-mail: bogachevskiy@gmail.com

Bondar' Vladimir Yur'evich, MD, PhD, DSc, Chief Physician, E-mail: khvfccvs@mail.ru

The article presents a review on intracardiac echocardiography application in invasive arrhythmology to elucidate its utility in treatment of cardiac arrhythmias. The analysis of literature data was carried out; authors used search systems PubMed, MedLine, Google Scholar with keywords "intracardiac echocardiography", "catheter ablation", "tachycardia". At first, 166 articles were selected, and after analysis 34 original articles were noted containing information about intracardiac echocardiography in invasive arrhythmology. Technical details of ultrasound transducers and catheters are described. It is shown that mechanical single-element and multi-element phased-array electronic systems are now used. Current advanced technology allows the accurate three-dimensional reconstruction of cardiac structures using multiple images from two-dimensional intracardiac echocardiography. Generally, this technology is applicable to atrial fibrillation and typical atrial flutter radiofrequency and cryogenic ablation and provides real-time anatomical information on relevant atrial structures and myocardial thickness as well as suitable sites for atrial septum puncture. This method allows radiofrequency to be delivered away from structures resistant to ablation and the monitoring of possible complications during procedure, such as cardiac tamponade. Atrial fibrillation ablation could be performed without X-ray. Intracardiac echocardiography allows to perform access of intracardiac thrombosis before and during procedure. Using of intracardiac echocardiography during supraventricular re-entry tachycardia and ventricular ectopy is actual, coronary sinus catheterization without X-ray is challenging. Intracardiac echocardiography can improve the results of the catheter treatment of atrial flutter as well as future development of this method in arrhythmology. Using intracardiac echocardiography requires the presence of specialist's expertise in ultrasound imaging and diagnosis of heart and blood vessels. This technology is used as a method of visualization for pacemaker and cardioverter-defibrillator implantation, and allows to choose optimal localization of leads and minimize the X-ray burden.

Keywords: intracardiac echocardiography; catheter ablation; tachycardia.

Введение

Первые сообщения об инвазивных методах ультразвуковых исследований сердца появились в 60-х годах XX века, тогда же были разработаны первые опытные внутрисердечные ультразвуковые (УЗ) датчики (Т. Ciezynski, 1960; R. Omoto et al., 1963) [1, 2]. Методика внутрисердечной эхокардиографии (ВСЭхоКГ) была детально разработана в 90-х годах [3] и наиболее динамично развивается в последнее десятилетие, что связано прежде всего с применением ее в интервенционной аритмологии. Основным направлением использования ВСЭхоКГ в современной электрофизиологической лаборатории является интервенционное лечение тахикардий, в основном радиочастотной абляции (РЧА) фибрилляции предсердий (ФП) и трепетания предсердий (ТП) [4, 5]. Катетерная радиочастотная и баллонная криоабляция выполняется при пароксизмальных и персистирующих формах ФП. Эффективность абляции изучена в клинических исследованиях, в которых продемонстрировано

преимущество абляции легочных вен (ЛВ) в сравнении с медикаментозным лечением; показания и противопоказания отражены в зарубежных и российских клинических рекомендациях [6–9]. Традиционно электрофизиологи используют для визуализации структур сердца рентгеноскопию, однако эта технология не способна предоставить оператору достаточно данных об анатомии сердца и точном расположении катетеров, а также подвергает пациентов и персонал ионизирующему излучению.

Методика исследования

Внутрисердечная эхокардиография — инвазивная методика, основанная на УЗ-визуализации структур сердца и сосудов при помощи датчика, введенного через бедренную или подключичную вену в правые камеры сердца, и позволяющая получать УЗ-изображения высокого качества. Существует две технологии датчиков ВСЭхоКГ. В первой используется пьезоэлектрический элемент с частотой ультразвукового излучения 9 МГц, вращающийся с частотой

1800 об/мин и находящийся на дистальной части катетера диаметром 8 Fr (Clear View, Cardiovascular Imaging Systems, США). Такой датчик позволяет получать радиальные изображения на 360°, при максимальном смещении катетера возможно получение трехмерных изображений. Датчик второго типа — мультитемпературный (5–10 МГц) с электронной фазированной решеткой из 64 кристаллов, находящийся на дистальной части управляемого катетера диаметром 8 или 10 Fr (AcuNav Ultrasound Catheter, Biosense Webster, США и EP Med View Flex Catheter, St. Jude Medical, США). Векторный формат сканирования позволяет получать весь спектр серошальных срезов в любой плоскости изображений, основанных на доплеровском и цветовом доплеровском картировании, и при совмещении с навигационной электрофизиологической системой выполнять трехмерные реконструкции сердца в режиме реального времени [10, 11].

Во время радиочастотной и криоабляции ВСЭхоКГ используется для выполнения пункции межпредсердной перегородки (МПП), детальной визуализации структур сердца и расположения эндокардиальных катетеров, контроля прилегания аблирующего катетера к эндокарду, окклюзии легочных вен криобаллоном. Важное значение имеет возможность осуществления интраоперационного мониторинга гемоперикарда и тромбообразования, что позволяет избежать тяжелых осложнений, таких как тампонада сердца и тромбоэмболии. ВСЭхоКГ имеет широкие диагностические возможности и не уступает существующим методам предоперационной диагностики, таким как чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ) и компьютерная томография (КТ). Возможность использования цветового и доплеровского картирования позволяет применять ВСЭхоКГ для контроля окклюзии легочных вен во время криоабляции, а также диагностировать нарушения функций клапанов сердца.

Несмотря на постоянное совершенствование рентгеновской аппаратуры и методик защиты, ионизирующее излучение опасно как для пациента, так и для медицинского персонала [12, 13]. Стремление к минимизации рентгеноскопии является важной составляющей безопасности медицинского вмешательства.

Абляция фибрилляции предсердий

Важным этапом абляции ФП является транс-септальная пункция, причем визуализация при

ВСЭхоКГ не уступает таковой при ЧПЭхоКГ [14]. ВСЭхоКГ позволяет безопасно выполнять пункции даже у пациентов, ранее подвергшихся окклюдированию септальных дефектов МПП. Транссептальная пункция возможна в большинстве таких случаев и выполняется в области нативной перегородки [15, 16]. Мышечные муфты ЛВ являются не только источниками патологической активности, индуцирующей ФП, но и «драйверами» аритмии, то есть участками, поддерживающими индуцированную аритмию. Ключевой момент абляции пароксизмальной и персистирующей форм ФП состоит в изоляции легочных вен, рецидивы аритмии связывают с восстановлением проведения в устьях ЛВ, а также активацией других предсердных триггеров [17–19]. Для выполнения эффективной изоляции патологической предсердной активности оператору крайне важна точная визуализация устьев ЛВ и других предсердных структур. Анатомия впадения ЛВ может широко варьироваться с образованием коллекторов, аномальных впадений основных и добавочных ветвей и т. д. (рис. 1). «Золотой стандарт» предоперационного обследования — выполнение КТ или магнитно-резонансной томографии (МРТ). Это достаточно дорогостоящие исследования, связанные с необходимостью введения контраста, дополнительной лучевой нагрузкой (при КТ), а также увеличением сроков предоперационной подготовки.

Изображения, полученные при КТ или МРТ, могут быть интегрированы в сформированные во время процедуры трехмерные реконструкции. Данные, отражающие размеры, объем и анатомические особенности левого предсердия, полученные при КТ (МРТ) и ВСЭхоКГ, различаются в зависимости от изменяющегося внутрисосудистого объема и давности проведенного исследования минимально [14]. Изображения, полученные при ВСЭхоКГ в режиме реального времени, также могут быть интегрированы в трехмерные реконструкции, повышая их точность. Из существующих методов визуализации ВСЭхоКГ предоставляет наиболее точное отображение структур сердца во время абляции. Немаловажным фактором является возможность прямой УЗ-визуализации аблирующего и диагностических катетеров и контроля положения их относительно устьев ЛВ во время РЧА [20–22]. При баллонной криоабляции ВСЭхоКГ позволяет контролировать полноту окклюзии вены баллоном, что является необходимым ус-

Рис. 1. Варианты анатомии левого предсердия и впадения легочных вен:

а — форма левого предсердия значительно изменена за счет образования крупного коллектора левых вен; *б* — форма левого предсердия обычная, в заднюю стенку впадает дополнительная правая легочная вена

Рис. 2. Циркулярная изоляция устьев легочных вен с помощью навигационной системы CARTO 3 компании Biosense Webster, США (*а, б*)

ловием для формирования циркулярной изоляции ЛВ (рис. 2).

Показана возможность выполнения РЧА ФП без использования рентгеноскопии [22, 23]. Эта методика является более сложной, так как отсутствие рентгеноскопической визуализации требует наличия опыта, уверенных мануальных навыков при проведении эндокардиальных электродов в венозном русле и позиционировании их в полостях сердца.

Абляция трепетания предсердий

Во время РЧА ТП ВСЭхоКГ позволяет получить детальную информацию об анатомии cavo-трикуспидального перешейка (КТП), положе-

нии абляционного катетера и прилегании его к эндокарду, диагностике гемоперикарда [24]. Анатомическими особенностями, которые могут препятствовать формированию трансмуральной блокады КТП, являются толщина миокарда в области кольца трикуспидального и евстахиевых клапанов, наличие углублений и карманов, длина перешейка [25, 26]. ВСЭхоКГ позволяет улучшить результаты катетерной абляции истмусзависимого ТП, уменьшить нагрузку рентгеновским излучением на пациентов и персонал [27, 28].

Одна из основных сложностей при выполнении абляций без использования рентгеноскопии — катетеризация коронарного синуса, необ-

ходимая для оценки электрофизиологических аспектов аритмии и критериев эффективности процедуры.

Реципрокные тахикардии

В структуре тахикардий, катетерная абляция которых характеризуется высокой эффективностью и безопасностью, значительное место занимает атриовентрикулярная реципрокная тахикардия с участием дополнительных путей проведения, атриовентрикулярная узловая реципрокная тахикардия, желудочковая экстрасистолия (ЖЭ). Обычно абляция этих аритмий выполняется под контролем рентгеноскопии, длительность которой в сложных случаях может достигать 30–40 мин и более. Применение ВСЭхоКГ при абляции этих тахикардий до настоящего времени не изучено и актуально. Использованию ВСЭхоКГ при абляции ЖЭ и желудочковой тахикардии (ЖТ) в мировой литературе посвящены единичные сообщения, касающиеся сложных случаев, таких как ЖЭ из папиллярных мышц, ишемическая левожелудочковая ЖТ [29, 30]. Использование ВСЭхоКГ в этих случаях дало возможность осуществить эффективное и безопасное устранение аритмии.

Диагностика внутрисердечного тромбоза

Еще одна область применения ВСЭхоКГ в аритмологии — диагностика тромбообразования в полостях сердца во время интервенционного вмешательства. Несмотря на то что изначально методика ВСЭхоКГ представлялась менее чувствительной в сравнении с ЧПЭхоКГ в отношении выявления тромбов в левом предсердии перед аблацией ФП, по мере совершенствования методики ВСЭхоКГ она показала большую чувствительность. Различия в чувствительности визуализации связаны с возможностью изменения расположения датчика ВСЭхоКГ. При введении катетера в легочную артерию методика показала 100%-ную визуализацию тромбоза ушка левого предсердия (УЛП). Ушко расположено ближе к легочной артерии, чем пищевод, и между ним и артерией отсутствуют структуры, препятствующие визуализации, таким образом, изображения УЛП при ВСЭхоКГ являются более качественными, чем при ЧПЭхоКГ [31, 32].

Имплантация антиаритмических устройств

В настоящее время методика также внедряется для имплантации антиаритмических устройств,

таких как электрокардиостимуляторы и дефибрилляторы [33]. ВСЭхоКГ применяется для контроля проведения и фиксации эндокардиальных электродов в сердце, оценки функции трикуспидального клапана и снижения дозы ионизирующего излучения. Ранее изучалась возможность выполнения этих процедур под контролем трансторакальной эхокардиографии, но она оказалась недостаточно информативной и не обеспечивала адекватной визуализации у большинства пациентов [34].

Заключение

Применение ВСЭхоКГ во время электрофизиологических процедур позволяет повысить безопасность и эффективность выполняемых операций и уменьшить длительность рентгеновского излучения. В то же время использование ВСЭхоКГ требует от специалиста наличия опыта и знаний в ультразвуковой визуализации и диагностике сердца и сосудов.

Возможности применения ВСЭхоКГ при катетерном лечении реципрокных наджелудочковых тахикардий, желудочковых экстрасистол и тахикардий, изучение возможностей улучшения результатов аблаций, необходимость снижения ионизирующего излучения определяют актуальность дальнейших исследований в области хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список

1. Ciezynski T. Intracardiac method for the investigation of structure of the heart with the aid of ultrasonics. *Arch. Immunol. Ther. Exp. (Warsz.)* 1960; 8: 551–7 (in Polish).
2. Kossoff G. Diagnostic application of ultrasound in cardiology. *Aust. Radiol.* 1966; 10 (2): 101–6. DOI: 10.1111/j.1440-1673.1966.tb00774.x
3. Chu E., Fitzpatrick A.P., Chin M.C., Sudhir K., Yock P.G., Lesh M.D. Radiofrequency catheter ablation guided by intracardiac echocardiography. *Circulation.* 1994; 89 (3): 1301–5.
4. Kuwahara T. Intracardiac echocardiography in catheter ablation for atrial fibrillation: it is better to see what you are doing? *J. Atr. Fibrillation.* 2015; 7 (6): 1215. DOI: 10.4022/jafib.1215
5. Kautzner J., Peichl P. Intracardiac echocardiography in electrophysiology. *Herzschrittmacher Therapie und Elektrophysiologie.* 2007; 18 (3): 140–6 (in German). DOI: 10.1007/s00399-007-0574-9
6. Calkins H., Reynolds M.R., Spector P., Sondhi M., Xu Y., Martin A. et al. Treatment of atrial fibrillation with antiarrhythmic drugs or radiofrequency ablation: two systematic literature reviews and meta-analyses. *Circulation.* 2009; 2 (4): 349–61. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.824789
7. Wilber D.J., Pappone C., Neuzil P., De Paola A., Marchlinski F., Natale A. et al. Comparison of antiarrhythmic drug therapy and radiofrequency catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2010; 303 (4): 333–40. DOI: 10.1001/jama.2009.2029

8. Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D., Ahlsson A., Atar D., Casadei B. et al. 2016 ECS Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (38): 2893–962. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw210
9. Сулимов В.А., Голицын С.П., Панченко Е.П., Попов С.В., Ревитшвили А.Ш., Шубик Ю.В., Явелов И.С. Диагностика и лечение фибрилляции предсердий. Рекомендации РКО, ВНОА и АССХ. М; 2012.
10. Воробьева В.М. Возможности применения внутрисердечной эхокардиографии в клинической электрофизиологии. *Вестник аритмологии.* 2009; 58: 35–41.
11. Васюков С.С., Кузьменков Д.В. Роль внутрисердечной эхокардиографии в современной электрофизиологической лаборатории. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2016; 6 (2): 91–6.
12. Wagner L.K., Eifel P.J., Geise R.A. Potential biological effects following high X-ray dose interventional procedures. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 1994; 5 (1): 71–84.
13. Roguin A., Goldstein J., Bar O., Goldstein J.A. Brain and neck tumors among physicians performing interventional procedures. *J. Am. Cardiol.* 2013; 111 (9): 1368–72. DOI: 10.1016/j.amjcard.2012.12.060
14. Ревитшвили А.Ш., Воробьева В.М., Григорьев А.Ю., Александрова С.А. Сравнительная эффективность внутрисердечной и чреспищеводной эхокардиографии, компьютерной томографии легочных вен и левого предсердия – показания и результаты у больных с фибрилляцией предсердий. *Вестник аритмологии.* 2010; 62: 15–20.
15. Santangeli P., Di Biase L., Burkhardt J.D., Horton R., Sanchez J., Bailey S. et al. Transseptal access and atrial fibrillation ablation guided by intracardiac echocardiography in patients with atrial septal closure devices. *Heart Rhythm.* 2011; 8 (11): 1669–75. DOI: 10.1016/j.hrthm.2011.06.023
16. Ревитшвили А.Ш., Рзаев Ф.Г., Сопов О.В., Джорджия Т.Р., Темботова Ж.Х., Воробьева В.М., Александрова С.А. Интервенционное лечение фибрилляции предсердий с использованием внутрисердечной эхокардиографии у пациента после билатеральной миниинвазивной торакоскопической радиочастотной изоляции легочных вен и закрытия открытого овального окна окклюдером “Amplatzer” (клинический случай). *Анналы аритмологии.* 2008; 5 (4): 70–8.
17. Calkins H., Brugada J., Packer D.L., Cappato R., Chen S.A., Crijns H.J. et al. HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for personnel, policy, procedures and follow-up. A report of the Heart Rhythm Society (HRS) Task Force on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation developed in partnership with the European Heart Rhythm Association (EHRA) and the European Cardiac Arrhythmia Society (ECAS); in collaboration with the American College of Cardiology (ACC), American Heart Association (AHA), and the Society of Thoracic Surgeons (STS). Endorsed and approved by the governing bodies of the American College of Cardiology, the American Heart Association, the European Cardiac Arrhythmia Society, the European Heart Rhythm Association, the Society of Thoracic Surgeons, and the Heart Rhythm Society. *Europace.* 2007; 9 (6): 335–79. DOI: 10.1093/europace/eum120
18. Pappone C., Augello G., Sala S., Gugliotta F., Vicedomini G., Gulletta S. et al. A randomized trial of circumferential pulmonary vein ablation versus antiarrhythmic drug therapy in paroxysmal atrial fibrillation: the APAF Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 48 (11): 2340–7. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.08.037
19. Issa Z., Miller M.J., Zipes D.P. Clinical arrhythmology and electrophysiology: a companion to Braunwald's Heart Disease. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012.
20. Huang S., Miller J. Catheter ablation of cardiac arrhythmias. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2014.
21. Biermann J., Bode C., Asbach S. Intracardiac echocardiography during catheter-based ablation of atrial fibrillation. *Cardiol. Res. Pract.* 2012; 2012: ID 921746. DOI: 10.1155/2012/921746
22. Ferguson J.D., Helms A., Mangrum J.M., Mahapatra S., Mason P., Bilchick K. et al. Catheter ablation of atrial fibrillation without fluoroscopy using intracardiac echocardiography and electroanatomic mapping. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2 (6): 611–9. DOI: 10.1161/CIRCEP.109.872093
23. Reddy V.Y., Morales G., Ahmed H., Neuzil P., Dukkipati S., Kim S. et al. Catheter ablation of atrial fibrillation without the use of fluoroscopy. *Heart Rhythm.* 2010; 7 (11): 1644–53. DOI: 10.1016/j.hrthm.2010.07.011
24. Богачевский А.Н., Богачевская С.А., Бондарь В.Ю., Бшарат Х.А., Неаполитанская Т.Э. Применение внутрисердечной эхокардиографии при радиочастотной катетерной абляции трепетания предсердий. *Вестник аритмологии.* 2015; 81: 22–6.
25. Волков Д.Е., Карпенко Ю.И., Пихл П., Каутцнер Д.Ж. Анатомические особенности кавотрикуспидального истмуса по данным внутрисердечной эхокардиоскопии. *Украинский кардиологический журнал.* 2010; 3: 85–9.
26. Marcos-Alberca P., Sánchez-Quintana D., Cabrera J.A., Farré J., Rubio J.M., de Agustín J.A. et al. Two-dimensional echocardiographic features of the inferior right atrial isthmus: the role of vestibular thickness in catheter ablation of atrial flutter. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag.* 2014; 15 (1): 32–40. DOI: 10.1093/ehjci/jet112
27. Cabrera J.A., Sánchez-Quintana D., Ho S.Y., Medina A., Anderson R.H. The architecture of the atrial musculature between the orifice of the inferior caval vein and the tricuspid valve: the anatomy of the isthmus. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 1998; 9 (11): 1186–95.
28. Karanam S. Intracardiac echo imaging guided ablation of cavotricuspid isthmus-dependent atrial flutter. *Journal of Innovations in Cardiac Rhythm Management.* 2014; 6: 1661–7.
29. Perzanowski C. Ablation of ventricular ectopy arising from the anterolateral papillary muscle: utility of intracardiac echocardiography. *Journal of Innovations in Cardiac Rhythm Management.* 2013; 4: 1177–81.
30. Мамчур С.Е., Хоменко Е.А., Бохан Н.С., Мамчур И.Н. Первый в России опыт ультразвукового картирования для абляции постинфарктных желудочковых re-entry тахикардий. *Вестник аритмологии.* 2013; 74: 35–9.
31. Anter E., Silverstein J., Tschabrunn C.M., Shvilkin A., Haffajee C.I., Zimetbaum P.J. et al. Comparison of intracardiac echocardiography and transesophageal echocardiography for imaging of the right and left atrial appendages. *Heart Rhythm.* 2014; 11 (11): 1890–7. DOI: 10.1016/j.hrthm.2014.07.015
32. Nishiyama T., Katsumata Y., Inagawa K., Kimura T., Nishiyama N., Fukumoto K. et al. Visualization of the left atrial appendage by phased-array intracardiac echocardiography from the pulmonary artery in patients with atrial fibrillation. *Europace.* 2015; 17 (4): 546–51. DOI: 10.1093/europace/euu383
33. Кропоткин Е.Б., Иваницкий Э.А., Шляков Д.А., Вырва А.А., Цивковский В.Ю., Аксеновский А.В. и др. Первичная имплантация антиаритмических устройств без использования рентгенооскопии. *Вестник аритмологии.* 2015; 81: 5–9.
34. Богачевский А.Н., Богачевская С.А., Бондарь В.Ю. Имплантация постоянных кардиостимуляторов под ультразвуковым контролем. *Вестник аритмологии.* 2014; 78: 42–6.

References

1. Ciezynski T. Intracardiac method for the investigation of structure of the heart with the aid of ultrasonics. *Arch. Immunol. Ther. Exp. (Warsz.)* 1960; 8: 551–7 (in Polish).
2. Kossoff G. Diagnostic application of ultrasound in cardiology. *Aust. Radiol.* 1966; 10 (2): 101–6. DOI: 10.1111/j.1440-1673.1966.tb00774.x
3. Chu E., Fitzpatrick A.P., Chin M.C., Sudhir K., Yock P.G., Lesh M.D. Radiofrequency catheter ablation guided by intracardiac echocardiography. *Circulation.* 1994; 89 (3): 1301–5.
4. Kuwahara T. Intracardiac echocardiography in catheter ablation for atrial fibrillation: it is better to see what you are doing? *J. Atr. Fibrillation.* 2015; 7 (6): 1215. DOI: 10.4022/jafib.1215
5. Kautzner J., Peichl P. Intracardiac echocardiography in electrophysiology. *Herzschrittmacher Therapie und Elektrophysiologie.* 2007; 18 (3): 140–6 (in German). DOI: 10.1007/s00399-007-0574-9
6. Calkins H., Reynolds M.R., Spector P., Sondhi M., Xu Y., Martin A. et al. Treatment of atrial fibrillation with antiarrhythmic drugs or radiofrequency ablation: two systematic literature reviews and meta-analyses. *Circulation.* 2009; 2 (4): 349–61. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.824789

7. Wilber D.J., Pappone C., Neuzil P., De Paola A., Marchlinski F., Natale A. et al. Comparison of antiarrhythmic drug therapy and radiofrequency catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2010; 303 (4): 333–40. DOI: 10.1001/jama.2009.2029
8. Kirchhof P., Benussi S., Kotecha D., Ahlsson A., Atar D., Casadei B. et al. 2016 ECS Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (38): 2893–962. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw210
9. Sulimov V.A., Golitsyn S.P., Panchenko E.P., Popov S.V., Revishvili A.Sh., Shubik Yu.V., Yavelov I.S. Diagnosis and treatment of atrial fibrillation. Guidelines of RCS, RSSA, RACVS. Moscow: 2012 (in Russ.).
10. Vorobyeva V.M. Potentialities of intracardiac echocardiography in clinical electrophysiology. *Vestnik Aritmologii*. 2009; 58: 35–41 (in Russ.).
11. Vasjukov S.S., Kuz'menkov D.V. The role of intracardiac echocardiography in modern electrophysiological laboratory. *Rossiyskiy Elektronnyy Zhurnal Luchevoy Diagnostiki*. 2016; 6 (2): 91–6 (in Russ.).
12. Wagner L.K., Eifel P.J., Geise R.A. Potential biological effects following high X-ray dose interventional procedures. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 1994; 5 (1): 71–84.
13. Roguin A., Goldstein J., Bar O., Goldstein J.A. Brain and neck tumors among physicians performing interventional procedures. *J. Am. Cardiol.* 2013; 111 (9): 1368–72. DOI: 10.1016/j.amjcard.2012.12.060
14. Revishvili A.Sh., Vorobyeva V.M., Grigoryev A.Yu., Aleksandrova S.A. Comparative effectiveness of intracardiac and transesophageal echocardiography, computed tomography of pulmonary veins, and the left atrium: indications and results in patients with atrial fibrillation. *Vestnik Aritmologii*. 2010; 62: 15–20 (in Russ.).
15. Santangeli P., Di Biase L., Burkhardt J.D., Horton R., Sanchez J., Bailey S. et al. Transseptal access and atrial fibrillation ablation guided by intracardiac echocardiography in patients with atrial septal closure devices. *Heart Rhythm*. 2011; 8 (11): 1669–75. DOI: 10.1016/j.hrthm.2011.06.023
16. Revishvili A.Sh., Rzaev F.G., Sopov O.V., Dzhordzhikiya T.R., Tembotova Zh.Kh., Vorob'eva V.M., Aleksandrova S.A. Interventional treatment of atrial fibrillation using intracardiac echocardiography in a patient after bilateral mini-invasive thoracoscopic radio-frequency isolation of pulmonary veins and open oval window closure using Amplatzer occluder (clinical case). *Annaly Aritmologii*. 2008; 5 (4): 70–8 (in Russ.).
17. Calkins H., Brugada J., Packer D.L., Cappato R., Chen S.A., Crijns H.J. et al. HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for personnel, policy, procedures and follow-up. A report of the Heart Rhythm Society (HRS) Task Force on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation developed in partnership with the European Heart Rhythm Association (EHRA) and the European Cardiac Arrhythmia Society (ECAS); in collaboration with the American College of Cardiology (ACC), American Heart Association (AHA), and the Society of Thoracic Surgeons (STS). Endorsed and approved by the governing bodies of the American College of Cardiology, the American Heart Association, the European Cardiac Arrhythmia Society, the European Heart Rhythm Association, the Society of Thoracic Surgeons, and the Heart Rhythm Society. *Europace*. 2007; 9 (6): 335–79. DOI: 10.1093/europace/eum120
18. Pappone C., Augello G., Sala S., Gugliotta F., Vicedomini G., Gulletta S. et al. A randomized trial of circumferential pulmonary vein ablation versus antiarrhythmic drug therapy in paroxysmal atrial fibrillation: the APAF Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 48 (11): 2340–7. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.08.037
19. Issa Z., Miller M.J., Zipes D.P. Clinical arrhythmology and electrophysiology: a companion to Braunwald's Heart Disease. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012.
20. Huang S., Miller J. Catheter ablation of cardiac arrhythmias. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2014.
21. Biermann J., Bode C., Asbach S. Intracardiac echocardiography during catheter-based ablation of atrial fibrillation. *Cardiol. Res. Pract.* 2012; 2012: ID 921746. DOI: 10.1155/2012/921746
22. Ferguson J.D., Helms A., Mangrum J.M., Mahapatra S., Mason P., Bilchick K. et al. Catheter ablation of atrial fibrillation without fluoroscopy using intracardiac echocardiography and electroanatomic mapping. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2009; 2 (6): 611–9. DOI: 10.1161/CIRCEP.109.872093
23. Reddy V.Y., Morales G., Ahmed H., Neuzil P., Dukkipati S., Kim S. et al. Catheter ablation of atrial fibrillation without the use of fluoroscopy. *Heart Rhythm*. 2010; 7 (11): 1644–53. DOI: 10.1016/j.hrthm.2010.07.011
24. Bogachevsky A.N., Bogachevskaya S.A., Bondar V.Yu., Bsharat Kh.A., Neapolitanskaya T.E. Use of intracardiac echocardiography in radiofrequency catheter ablation of atrial flutter. *Vestnik Aritmologii*. 2015; 81: 22–6 (in Russ.).
25. Volkov D.E., Karpenko Yu.I., Piechl P., Kautzner J. Anatomic features of the cavotricuspid isthmus revealed by intracardiac echocardiography. *Ukrainskiy Kardiologicheskii Zhurnal*. 2010; 3: 85–9 (in Russ.).
26. Marcos-Alberca P., Sánchez-Quintana D., Cabrera J.A., Farré J., Rubio J.M., de Agustín J.A. et al. Two-dimensional echocardiographic features of the inferior right atrial isthmus: the role of vestibular thickness in catheter ablation of atrial flutter. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag.* 2014; 15 (1): 32–40. DOI: 10.1093/ehjci/jet112
27. Cabrera J.A., Sánchez-Quintana D., Ho S.Y., Medina A., Anderson R.H. The architecture of the atrial musculature between the orifice of the inferior caval vein and the tricuspid valve: the anatomy of the isthmus. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 1998; 9 (11): 1186–95.
28. Karanam S. Intracardiac echo imaging guided ablation of cavotricuspid isthmus-dependent atrial flutter. *Journal of Innovations in Cardiac Rhythm Management*. 2014; 6: 1661–7.
29. Perzanowski C. Ablation of ventricular ectopy arising from the anterolateral papillary muscle: utility of intracardiac echocardiography. *Journal of Innovations in Cardiac Rhythm Management*. 2013; 4: 1177–81.
30. Mamchur S.E., Khomenko E.A., Bokhan N.S., Mamchur I.N. Ultrasound mapping for ablation of post-infarction ventricular re-entry tachycardia: first experience in Russia. *Vestnik Aritmologii*. 2013; 74: 35–9 (in Russ.).
31. Anter E., Silverstein J., Tschabrunn C.M., Shvilkin A., Haffajee C.I., Zimetbaum P.J. et al. Comparison of intracardiac echocardiography and transesophageal echocardiography for imaging of the right and left atrial appendages. *Heart Rhythm*. 2014; 11 (11): 1890–7. DOI: 10.1016/j.hrthm.2014.07.015
32. Nishiyama T., Katsumata Y., Inagawa K., Kimura T., Nishiyama N., Fukumoto K. et al. Visualization of the left atrial appendage by phased-array intracardiac echocardiography from the pulmonary artery in patients with atrial fibrillation. *Europace*. 2015; 17 (4): 546–51. DOI: 10.1093/europace/euu383
33. Kropotkin E.B., Ivanitskiy E.A., Shlyakov D.A., Vyrva A.A., Tsivkovskiy V.Yu., Aksenovskiy A.V. et al. Primary implantation of antiarrhythmic devices without use of fluoroscopy. *Vestnik Aritmologii*. 2015; 81: 5–9 (in Russ.).
34. Bogachevsky A.N., Bogachevskaya S.A., Bondar V.Yu. Ultrasound-guided permanent pacemaker implantation. *Vestnik Aritmologii*. 2014; 78: 42–6 (in Russ.).

Поступила 06.04.2017
Принята к печати 19.04.2017